

<b>Requested document:</b>	<a href="#">DE19539024 click here to view the pdf document</a>
----------------------------	--

## Catalyst deterioration diagnosis system for internal combustion engine

Patent Number:  US5640847

Publication date: 1997-06-24

Inventor(s): NAKAJIMA YUKI (JP); UEMA HIDEKI (JP)

Applicant(s): NISSAN MOTOR (JP)

Requested Patent:  DE19539024

Application Number: US19950544463 19951018

Priority Number(s): JP19940254062 19941020

IPC Classification: F01N3/00

EC Classification: F01N11/00C

Equivalents: JP2998575B2,  JP8121152

---

### Abstract

---

A catalyst deterioration diagnosis system for an internal combustion engine having an exhaust gas passageway in which a catalytic converter having a catalyst is disposed. The diagnosis system comprises a first air-fuel ratio sensor disposed in the exhaust gas passageway upstream of the catalytic converter, and a second air-fuel ratio sensor disposed in the exhaust gas passageway downstream of the catalytic converter. The diagnosis system further comprises a control unit connected to the air-fuel ratio sensors and arranged to make an air-fuel ratio feedback control mainly in response to an output signal of the first air-fuel ratio sensor. The control unit includes means for calculating an inversion ratio value relating to an inversion ratio of output signals from the first and second air-fuel ratio sensors when the engine operating condition is within a diagnosis region requiring a diagnosis of deterioration of the catalyst, means for detecting an inversion state value relating to a state of inversion of the output signal of the first air-fuel ratio sensor, means for setting a decision standard value in accordance with the inversion state value from the inversion state value detecting means, and means for judging the deterioration of the catalyst by comparing the inversion ratio value from the inversion ratio value calculating means with the decision standard value from the decision standard value setting means.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 195 39 024 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
F01N 9/00

DE 195 39 024 A 1

- ⑯ Aktenzeichen: 195 39 024.5
- ⑯ Anmeldetag: 19. 10. 95
- ⑯ Offenlegungstag: 25. 4. 96

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯  
20.10.94 JP P 6-254062

⑯ Anmelder:  
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP

⑯ Vertreter:  
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,  
Anwaltssozietät, 80538 München

⑯ Erfinder:  
Nakajima, Yuki, Yokosuka, Kanagawa, JP; Uema,  
Hideki, Zushi, Kanagawa, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Katalysatorschädigungsdiagnosesystem für einen Verbrennungsmotor

⑯ Katalysatorschädigungsdiagnosesystem für einen Verbrennungsmotor mit einem Auspuffgasdurchgang, in dem ein katalytischer Konverter mit einem Katalysator angeordnet ist. Das Diagnosesystem weist einen in dem Auspuffgasdurchgang stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor und einen in dem Auspuffgasdurchgang stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor auf. Das Diagnosesystem weist weiterhin eine Kontrolleinheit auf, die mit den Luftkraftstoffverhältnissensoren verbunden ist und dazu vorgesehen ist, eine Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle vornehmlich als Antwort auf ein Ausgangssignal des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors durchzuführen. Die Kontrolleinheit beinhaltet Mittel zum Berechnen eines Inversionsverhältniswertes entsprechend einem Inversionsverhältnis von Ausgangssignalen des ersten und zweiten Kraftstoffsensors, wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines Schädigungsdiagnose des Katalysators erforderlichen Diagnosebereichs ist, Mittel zum Erfassen eines Inversionszustandswertes entsprechend einem Inversionszustand des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors, Mittel zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes in Übereinstimmung mit dem Inversionsstandardwert des Inversionsstandardwertbestimmungsmittels, und Mittel zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionsverhältniswertes des ...

DE 195 39 024 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 96 602 017/538

24/26

## Beschreibung

## Hintergrund der Erfinung

## 1. Bereich der Erfinung

Die Erfinung bezieht sich auf Verbesserungen eines Katalysatorschädigungsdiagnosesystems für einen Verbrennungsmotor, das vorgesehen ist, um den Schädigungszustand eines Katalysators unter Verwendung von zwei Luft-Kraftstoffverhältnissensoren, die stromaufwärts und stromabwärts eines den Katalysator beinhaltenden katalytischen Konverters angeordnet sind, zu diagnostizieren.

## 2. Beschreibung des Standes der Technik

Es wurden eine Vielzahl von Katalysatorschädigungsdiagnosesystemen für Verbrennungsmotoren vorgeschlagen und haben praktische Verwendung gefunden. Ein Typisches dieser Schädigungsdiagnosesystemen ist zum Beispiel in der vorläufigen japanischen Patentveröffentlichung Nummer 63-205441 offenbart, in der zwei Luft-Kraftstoffverhältnis- (oder Sauerstoff)sensoren jeweils stromaufwärts und stromabwärts eines katalytischen Konverters (beinhaltend den Katalysator) des Motors angeordnet sind, so daß die Schädigungsdiagnose des Katalysators gemäß einem Vergleich der Ausgangssignale der jeweiligen Sensoren erfolgt, während eine Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle hauptsächlich entsprechend dem Ausgangssignal des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors erfolgt.

Im speziellen wird während der Durchführung der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle die Kraftstoffzufuhr des Motors hauptsächlich nach dem Ausgangssignal des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors kontrolliert, z. B. unter einer falschen Proportionalplusintegralkontrolle, so daß das Ausgangssignal des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors periodisch wiederholt zwischen einer niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite und einer hohen Sauerstoffkonzentrationsseite im Verhältnis zu einem Durchschnittswert invertiert, wie in Fig. 7A gezeigt. Dies hat zur Folge, daß die Konzentration des restlichen Sauerstoffs auf der Seite stromaufwärts des katalytischen Konverters stark schwankt. Im Vergleich dazu ist die Änderung der restlichen Sauerstoffkonzentration auf der Seite stromabwärts des katalytischen Konverters gering wegen der Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators, und daher ist das Ausgangssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors wie in Fig. 7B gezeigt, in der die Änderung des Ausgangssignals eine kleine Amplitude und einen langen Zyklus hat.

Wenn die Schädigung des Katalysators in dem katalytischen Konverter fortschreitet, so sinkt die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators, so daß die Sauerstoffkonzentrationen der Seiten stromaufwärts und stromabwärts des katalytischen Konverters sich einander angleichen. Als Ergebnis wiederholt das Ausgangssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors seine Änderung in einem Zyklus ähnlich dem Ausgangssignal des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors, wobei seine Amplitude steigt, wie in Fig. 7C gezeigt. Demgemäß wird mit dem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem der vorläufigen japanischen Patentveröffentlichung Nr. 63-205441 ein Inversionszyklus T1 des Ausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors zwischen

der niedrigen und hohen Konzentrationsseite und ein Inversionszyklus T2 des Ausgangssignals des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors zwischen der fetten und mageren Seite gemessen, um ein Verhältnis (T1/T2) zwischen den Inversionszyklen T1 und T2 zu bestimmen. Dann, wenn dies Verhältnis einen vorbestimmten Wert überschreitet, wird bestimmt, daß der Katalysator geschädigt ist.

Ein anderes Katalysatorschädigungsdiagnosesystem 10 ist in der vorläufigen japanischen Patentveröffentlichung Nr. 4-1449 offenbart, bei der ein Katalysator am Ende als geschädigt beurteilt wird wenn erfaßt wird, daß der Wert eines Verhältnisses (F2/F1) zu einer Anzahl vorbestimmter Zeiten einen vorbestimmten Wert über- 15 schreitet. Das Verhältnis (F2/F1) bestimmt sich nach einer Inversionsfrequenz (F1) zwischen hoher und niedriger Sauerstoffkonzentrationsseite des Ausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors und einer Inversionsfrequenz (F2) zwischen magerer und fetter Seite des Ausgangssignals eines stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors.

Jedoch sind Nachteile in dem obengenannten konventionellen Katalysatorbeeinträchtigungsdiagnosesystem 20 aufgetreten, die im nachstehenden mit Bezug zu den Fig. 8A und 8B beschrieben werden.

Fig. 8 zeigt in ihrem oberen Teil ein Beispiel für die Änderung des Ausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors zwischen der niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite und der hohen Sauerstoffkonzentrationsseite, und in ihrem unteren Teil die Veränderung eines Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  entsprechend der Änderung des Ausgangssignals. Der Rückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  wird beispielsweise durch die unechte Proportionalplusintegralkontrolle gehalten. Im speziellen wird wenn eine Kurve des Ausgangs des Sauerstoffsensors die Linie des dem stöchometrischen Luftkraftstoffverhältnisses entsprechenden Mittelwert überschreitet, um von der niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite zu der hohen Sauerstoffkonzentrationsseite invertiert zu werden, ein vorbestimmter Prozentualwert PL zu dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  hinzugezählt, und zusätzlich ein Integralwert mit einem Anstieg entsprechend einer vorbestimmten Integrationskonstanten IL stufenweise 30 zu dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  hinzugezählt. Dieser Rückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  wird bekannterweise zu einer Grundkraftstoffeinspritzmenge erhoben. Daher wird das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis stufenweise fett gemacht (an Kraftstoff). 40 Dann, wenn die Kurve des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors von der hohen Sauerstoffkonzentrationsseite zu der niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite invertiert ist, wird ein vorbestimmter proportionaler Wert PR von dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  45 zu dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  hinzugezählt. Dieser Rückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  wird bekannterweise zu einer Grundkraftstoffeinspritzmenge erhoben. Daher wird das aktuelle Luftkraftstoffverhältnis stufenweise fett gemacht (an Kraftstoff). 50 Dann, wenn die Kurve des Ausgangssignals des Sauerstoffsensors von der hohen Sauerstoffkonzentrationsseite zu der niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite invertiert ist, wird ein vorbestimmter proportionaler Wert PR von dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  55 subtrahiert, und zusätzlich ein Integralwert mit einem einer vorbestimmten Integrationskonstante IR entsprechenden Anstieg stufenweise von dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  subtrahiert. Bei Wiederholung der obigen Operation wird das Luftkraftstoffverhältnis bei Werten nahe dem stöchometrischen Luftkraftstoffverhältnis gehalten während es geringe Abweichungen ihres Wertes macht.

Hier bleibt, bei der Annahme, daß der Motor in einem konstanten Betriebszustand ist, der dem stöchometrischen Luftkraftstoffverhältnis entsprechende Mittelwert im wesentlichen die vertikalen Mitte der Amplitude des Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  wie im unteren Teil von Fig. 8 ge-

zeigt. Es sei angemerkt, daß die in Fig. 8 angegebenen Zeiten  $t_{LR}$ ,  $t_{RL}$  als Kontrollverzögerung des Rückkopplungskontrollsystems angesehen werden, wobei jede der Zeiten  $t_{LR}$ ,  $t_{RL}$  eine Zeit ist, in der das Ausgangssignal des Sauerstoffsensors tatsächlich zu seiner niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite oder zu seiner hohen Sauerstoffkonzentrationsseite unter dem periodisch wechselnden Rückkopplungskontrolkorrekturkoeffizienten  $\alpha$ , der den dem stöchometrischen Luftkraftstoffverhältnis entsprechenden Mittelwert überschreitet, invertiert wird.

Im Fall, daß der stromaufwärtsseitige Luftkraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensor nicht geschädigt ist und normal ist, ist ein Anstiegs- und Rückgangszyklus  $T_a$  des Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  relativ kurz, während die Amplitude  $W$  wie in Fig. 9A gezeigt zurückgeht. Als Folge wird der stromabwärtsseitige Sauerstoffsensor stark von durch den katalytischen Konverter strömendes Auspuffgas angegriffen, so daß das Ausgangssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors kaum zwischen der fetten Seite und der magren Seite invertiert wird, wie in Fig. 9D gezeigt, wenn der katalytische Konverter normal ist.

Im Gegensatz dazu, im Fall, daß der stromaufwärtsseitige Luftkraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensor beeinträchtigt ist und eine Antwortverzögerung in der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle steigt, so steigt der Anstiegs- und Rückgangszyklus  $T_a$  des Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  während die Amplitude  $W$  steigt. In diesem Fall steigt das Luftsauerstoffverhältnis über die Sauerstoffspeicherfähigkeit des katalytischen Konverters, und daher erscheint die Inversion zwischen der niedrigen und hohen Sauerstoffkonzentrationsseite in dem Ausgangssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors wie in Fig. 10D gezeigt, obwohl der katalytische Konverter normal ist. Als Folge besteht die Möglichkeit, daß der Katalysator in dem katalytischen Konverter fälschlicher Weise als geschädigt diagnostiziert wird, obwohl der Katalysator die normalen Fähigkeiten hat oder normal funktioniert.

#### Zusammenfassung der Erfindung

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Katalysatorschädigungsdiagnosesystem für einen mit einem katalytischen Konverter versehenen Verbrennungsmotor zu schaffen, bei dem die aufgezählten Nachteile des konventionellen Katalysatorschädigungsdiagnosesystems wirksam beseitigt werden können.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Katalysatorschädigungsdiagnosesystem für einen mit einem katalytischen Konverter versehenen Verbrennungsmotor zu schaffen, daß einer derartig falschen Beurteilung vorbeugt, daß der Katalysator als geschädigt beurteilt wird obwohl er tatsächlich nicht geschädigt ist und normale Fähigkeiten hat.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist ein verbessertes Katalysatorschädigungsdiagnosesystem für einen mit einem Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrollsysteem und einem katalytischen Konverter versehenen Verbrennungsmotor zu schaffen, mit dem die Diagnose der Katalysatorschädigung mit hoher Präzision durchgeführt werden kann obwohl eine Kontrollfrequenz der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle wegen Beeinträchtigung eines stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten Luftkraftstoffverhältnissensors niedriger ist.

Ein genereller Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, das aufweist: einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor (1, 28); einem in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten ( $\alpha$ ); Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; und Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionszustandes eines Ausgangssignals des ersten und zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors mit einem Entscheidungsstandard, der entsprechend einer Kontrollfrequenz einer Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle zumindest als Antwort auf ein Ausgangssignal des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und der korrigierten Grundkraftstofffeinspritzmenge des Korrekturmittels gemacht ist.

Mit diesem Aspekt kann die Diagnose der Schädigung des Katalysators mit hoher Präzision durchgeführt werden obwohl eine Kontrollfrequenz der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle wegen der Schädigung des ersten oder stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors erniedrigt ist, und es verhindert daher wirksam eine fehlerhafte Entscheidung über die Katalysatorschädigung.

Ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt wie in Fig. 1 gezeigt in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, wobei das Diagnosesystem aufweist: einem in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor (1, 28); einem in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten ( $\alpha$ ); Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; Mittel (6, 32) zum Berechnen eines Inversionsverhältniswertes (HZRATE) gemäß einem Inversionsverhältnis (HZR) von Ausgangssignalen des ersten und zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereich ist; Mittel (7, 32) zum Erfassen eines Inversionszustandswertes (AVEHZ) entsprechend einem Inversionszustand des Ausgangssignales des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors; Mittel zum Bestimmen eines Entscheidungswertes (ZNGST) entsprechend dem Inversionszustandswertes des Inversionszustandswerteserfassungsmittels; und Mittel (9, 32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionsverhältniswertes des Inversionsverhältnisberechnungsmittels mit dem Entscheidungswert des Entscheidungsstandardwertes des Entscheidungsstandardwertes.

bestimmungsmittels.

Mit diesem Aspekt der Erfindung ist das Luftkraftstoffverhältnis des dem Motor zugeführten Luftkraftstoffgemisches rückkopplungskontrolliert in Wechselwirkung zu dem Ausgangssignal des ersten oder stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors, so daß das Luftkraftstoffverhältnis bei einem dem stöchometrischen Luftkraftstoffverhältnis unter einer Proportional-plusintegralkontrolle und seine geringe Abweichungen oder Änderungen wiederholt gehalten wird. Das Ausgangssignal des ersten oder stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors vollführt seine periodische Inversion zwischen seiner hohen und niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite gemäß der tatsächlichen Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses; jedoch macht das Ausgangssignal des zweiten oder stromabwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors seine sehr geringen Änderungen, so daß die Inversionsfrequenz zwischen seiner hohen und niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite im Fall daß der Katalysator normal ist, gering ist. Die Frequenz der Inversion des stromabwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors wird größer im Fall, daß der Katalysator geschädigt ist. Demgemäß kann die Schädigung des Katalysators durch den Erhalt des Inversionsverhältnisses beurteilt werden (sowie ein Inversionsfrequenzverhältnis, ein Inversionszyklusverhältnis und ein Frequenzverhältnis zwischen den Ausgangssignalen des ersten und zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors). So gar im Fall daß der Zyklus der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle wegen der Schädigung des stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors verlängert ist, um die Änderung des Luftkraftstoffverhältnisses zu erweitern, wird der für die Katalysatorschädigungsdiagnose verwendete Entscheidungsstandardwert gemäß dem Kontrollzyklus oder der Frequenz der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle bestimmt.

Ein zweiter Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, wobei das Diagnosesystem aufweist: einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor (1, 28); einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten ( $\alpha$ ); Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb einer eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernenden Diagnosebereichs ist; Mittel (32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist; Mittel (32) zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist; Mittel zum Berechnen eines abgelaufenen Zeitwertes (AVEHZ) entsprechend der Zeitdauer; Mittel (32) zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Aus-

gangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer; Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungswertes (CNGST) gemäß dem abgelaufenen Zeitwert des abgelaufenen Zeitwertberechnungsmittels und Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionsfrequenzverhältnisses des Inversionsfrequenzverhältnisberechnungsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

Gemäß diesem Aspekt, wird die Beurteilung der Katalysatorschädigung entsprechend des Inversionsfrequenzverhältnisses zwischen den Ausgangssignalen des ersten oder stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors und dem zweiten oder stromabwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors gemacht. Zusätzlich wird der Entscheidungsstandardwert innerhalb der Zeitdauer, in der die Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors den vorbestimmten Wert erreichen, bestimmt. Daher kann der Vergleich des Inversionsverhältnisses des Ausgangssignals des stromaufwärts und stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors einfach mit dem Inversionsfrequenzverhältnis durchgeführt werden. Zusätzlich kann die Kontrollfrequenz der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle einfach mit dem zu der Zeitdauer, innerhalb der die Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors den vorbestimmten Wert erreicht, gehörigen verstrichenen Zeitwert gemessen werden.

Ein dritter Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, wobei das Diagnosesystem aufweist: einem in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensors (1, 28); einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizienten ( $\alpha$ ); Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignales des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereichs ist; Mittel (32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist; Mittel (32) zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer; Mittel (32) zum Mitteln des Inversionsfrequenzverhältnisses über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsfrequenzverhältnis (HZRATE) zu erhalten; Mittel (32) zum Mitteln der Zeitdauer über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit eine mittlere Zeitdauer (AVEHZ) zu erhalten; Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwer-

tes (CNGST) entsprechend der mittleren Zeitdauer des Zeitdauerdurchschnittsmittels; und Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inversionsfrequenzverhältnisdurchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

Mit diesem Aspekt wird die Beurteilung der Katalysatorschädigung entsprechend dem Durchschnittswert des Inversionsfrequenzverhältnisses und dem Durchschnittswert der Zeitdauer gemacht, womit die Genauigkeit der Diagnose weiter verbessert ist.

Ein vierter Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, wobei das Diagnosesystem aufweist: einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor (1, 28); einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten; Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereichs ist; Mittel (32) zum Messen der Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist; Mittel (32) zum Berechnen des Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer; Mittel (32) zum Mitteln des Inversionsfrequenzverhältnisses über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsfrequenzverhältnis (HZRATE) zu erhalten; Mittel (32), zum Messen einer Inversionsfrequenz (F02CT) des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer; Mittel (32) zum Mitteln der Inversionsfrequenz (F02CT) des Inversionsfrequenzmessungsmittels über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit eine mittlere Inversionsfrequenz zu erhalten; Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) entsprechend der mittleren Inversionsfrequenz des Inversionsfrequenzdurchschnittsmittels; und Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inversionsfrequenzverhältnisdurchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

Gemäß diesem Aspekt wird der Entscheidungsstandardwert für die Beurteilung der Katalysatorschädigung entsprechend der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten oder stromaufwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnissensors bestimmt, und im speziellen mit dem Durchschnittswert der Inversionsfrequenz über eine Mehrzahl von Zeitdauern bestimmt, um

damit die Genauigkeit der Diagnose weiter zu verbessern.

Ein fünfter Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt, wie in Fig. 2 gezeigt, in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, wobei das Diagnosesystem aufweist: einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor (1, 28); einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten ( $\alpha$ ); Mittel zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; Mittel (11, 32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines Schädigungsdiagnose des Katalysator erfordernden Diagnosebereichs ist; Mittel (11, 32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist; Mittel (6', 32) zum Berechnen eines Inversionsverhältnisses (HZR) der Ausgangssignale des ersten und zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer; Mittel (12, 32) zum Mitteln des Inversionsverhältnisses (HZR) des Inversionsverhältnisberechnungsmittels über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsverhältnis (HZPATE) zu erhalten; Mittel (7, 32) zum Erfassen eines Inversionszustandswertes (AVEHZ) entsprechend einem Inversionszustand des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors; Mittel (8, 32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) gemäß dem Inversionsstandardwert (AVEHZ) des Inversionszustandewerfassungsmittels; Mittel (13, 32) zum Bestimmen einer Anzahl (NUMMAX) an Zeitdauern, die für die Katalysatorschädigungsdiagnose erforderlich sind, entsprechend dem Inversionszustandswert (AVEHZ) des Inversionszustandewerfassungsmittels; und Mittel (9', 32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsverhältnisses (HZRATE) des Inversionsverhältnisdurchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels nach Ablauf der Anzahl (NUMMAX) der Zeitdauern des Zeitdaueranzahlbestimmungsmittels.

Gemäß diesem Aspekt wird die Anzahl der für die Diagnose erforderlichen Zeitdauern gemäß dem Inversionszustandswertes geeignet bestimmt, um den Durchschnittswert des Inversionsverhältnisses zwischen den Ausgangssignalen des ersten oder stromaufwärtsseitigen und zweiten oder stromabwärtsseitigen Luftkraftstoffverhältnis Sensoren zu erhalten, um daher eine Diagnose mit noch höherer Genauigkeit innerhalb einer kurzen Zeitdauer zu erreichen.

Ein sechster Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in einem Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, wobei das Diagnosesystem aufweist: einen in dem Auspuffgas-

durchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luftkraftstoffverhältnissensor (1, 28); einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29); Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstofffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors; Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten ( $\alpha$ ); Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstofffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereiches ist; Mittel (32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist; Mittel zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer; Mittel (32) zum Mitteln des Inversionsfrequenzverhältnisses (HZR) über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsfrequenzverhältnis (HZRATE) zu erhalten; Mittel (32) zum Mitteln der Zeitdauer über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit eine durchschnittliche Zeitdauer (AVEHZ) zu erhalten; Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) entsprechend der durchschnittlichen Zeitdauer (AVEHZ) des Zeitdauer durchschnittsmittels; Mittel (32) zum Bestimmen einer Anzahl (NUMMAX) an Zeitdauern, die für die Katalysator schädigungsdiagnose erforderlich sind, entsprechend der durchschnittlichen Zeitdauer (AVEHZ); und Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inversionsfrequenzverhältnis durchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert (CNGST) des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

Gemäß diesem Aspekt wird die Beurteilung der Katalysator schädigung entsprechend dem Durchschnittswert des Inversionsfrequenzverhältnisses zwischen den Ausgangssignalen des ersten oder stromaufwärts seitigen und zweiten oder stromabwärts seitigen Luftkraftstoffverhältnissensors gemacht. Der Entscheidungs standardwert und die Anzahl der Zeitdauern werden entsprechend dem Durchschnittswert der Zeitdauern bestimmt. Demgemäß kann der Vergleich der Inversionszustände der Ausgangssignale der stromaufwärts seitigen und stromabwärts seitigen Sauerstoffsensoren einfach mit dem Inversionsfrequenzverhältnis gemacht werden. Zusätzlich kann die Kontrollfrequenz der Luftkraftstoff verhältnisrückkopplungskontrolle einfach mit dem zu der Zeitdauer gehörenden abgelaufenen Zeitwert gemessen werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnung

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das einen Aspekt eines Katalysator schädigung diagnostiksystems gemäß der vor liegenden Erfindung zeigt;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das einen anderen Aspekt des Katalysator schädigung diagnostiksystems ge-

mäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 3 ist eine schematische Abbildung eines Ausführungsbeispiels eines Katalysator schädigung diagnostiksystems gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 ist ein Beispiel der Arbeitsweise eines Katalysator schädigung diagnostiksystems in Verbindung mit dem Ausführungsbeispiel von Fig. 3 darstellendes Zeitdiagramm, das den Zeitablauf, zu dem die Diagnose gemacht wird, zeigt;

Fig. 5 ist ein Flußdiagramm eines Programms eines Katalysator schädigung diagnostiksystems der Ausführungsform von Fig. 3;

Fig. 6 ist ein illustriert den Ablauf der Katalysator schädigung diagnostik in einer anderen Ausführungsform des Katalysator schädigung diagnostiksystems gemäß der vorliegenden Erfindung darstellendes Flußdiagramm;

Fig. 7A ist ein einen umgewandelten Zustand eines Ausgangssignals eines seitens stromaufwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensor zeigendes Wellendiagramm;

Fig. 7B ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 7A, das den Wert eines Ausgangssignals eines seitens stromabwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensor in einem normalen Katalysatorzustand zeigt;

Fig. 7C ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 7A, das einen umgewandelten Wert eines Ausgangssignals des stromabwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensors eines Zustandes in dem der Katalysator geschädigt ist zeigt;

Fig. 8 ist ein Wellendiagramm, das in seinem oberen Teil einen umgewandelten Wert des stromaufwärts angeordneten Sauerstoffsensors und auf einem unteren Teil einen entsprechenden Wert eines Luftsauerstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizient ( $\alpha$ ) zeigt;

Fig. 9A ist ein Wellendiagramm, das einen umgewandelten Wert eines Ausgangssignals des stromaufwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis (Sauerstoff) Sensors bei einem normalen Zustand des Katalysators zeigt;

Fig. 9B ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 9A und zeigt ein Luft-Kraftstoffverhältnis auf der Seite stromaufwärts des Katalysators;

Fig. 9C ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 9A und zeigt den Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizienten ( $\alpha$ );

Fig. 9D ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 9A und zeigt den Wert des Ausgangssignals des stromabwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis (Sauerstoff)sensors;

Fig. 10A ist ein Wellendiagramm, das einen umgewandelten Wert des Ausgangssignals des stromaufwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensors eines geschädigten Katalysators zeigt;

Fig. 10B ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 10A und zeigt ein Luft-Kraftstoffverhältnis auf der Seite stromaufwärts von dem Katalysator;

Fig. 10C ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 10A und zeigt den Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizienten ( $\alpha$ );

Fig. 10D ist ein Wellendiagramm entsprechend Fig. 10A mit dem Wert des Ausgangssignals des stromabwärts angeordneten Luft-Kraftstoffverhältnis-(Sauerstoff)sensors;

Fig. 11 ist ein Graph, der das Verhältnis zwischen einem Entscheidungsnormwert und einer durchschnittlich abgelaufenen Zeit in Verbindung mit der Ausfüh-

rungsform von Fig. 3 zeigt; und

Fig. 12 ist ein Graph, der das Verhältnis zwischen einer Anzahl von Zeitperioden und einer durchschnittlich abgelaufenen Zeit in Verbindung mit der Ausführungsform von Fig. 3 zeigt.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Jetzt bezugnehmend auf Fig. 3, ist eine Ausführungsform eines Katalysatordiagnosesystems gemäß der vorliegenden Erfindung durch den Referenzbuchstaben D dargestellt, wobei gezeigt ist, daß er in einen Verbrennungsmotor E eines Autos angebracht werden kann. Der Motor E beinhaltet einen Motorkörper 21, der mit einem Lufteinlaßdurchgang 22, durch den Einlaßluft in den Motorkörper 21 eingeleitet wird, versehen ist, und einen Gasauslaßdurchgang 23, durch den Abgas vom Motorkörper 21 zur Umgebungsluft ausgelassen wird. Kraftstoffeinspritzventile (nur eins gezeigt) 24 sind in dem Lufteinlaßdurchgang 22 angeordnet, um Kraftstoff zu den jeweiligen Einlaßstellen (jeweils entsprechend den Motorzylinern 21a), die im Motorkörper 21 ausgebildet sind, eingespritzt wird. Eine Drosselklappe 25 ist in dem Lufteinlaßdurchgang 22 stromaufwärts der Kraftstoffeinspritzventile 24 angeordnet, um die in den Motorkörper 21 eingeleitete Luftmenge zu kontrollieren. Ein Luftpumgemesser 26, z. B. des Heißdrahtmasseluftmengensortyps, ist in dem Einlaßdurchgang 22 stromaufwärts der Drosselklappe 25 angeordnet und kann ein die über den Lufteinlaßdurchgang 22 eingeströmte Luftmenge wiedergebendes elektrisches Erfassungssignal erzeugen.

In dem Abgassdurchgang 23 ist ein katalytischer Konverter 27 angeordnet und beinhaltet einen Katalysator 27a, wie z. B. einen Dreiecks-Katalysator zum Oxydieren von CO (Kohlenmonoxyd) und HC (Kohlenwasserstoffe) und Reduzierung von NO<sub>x</sub> (Stickstoffoxiden) zum Reinigen des Abgases des Maschinenkörpers 21. Ein stromaufwärtsseitiger Luftsensor 28 und ein stromabwärtsseitiger Luftsensor sind jeweils stromaufwärts und stromabwärtsseitig des katalytischen Konverters 27 angeordnet. Jeder Luftsensor 28, 29 dient als Luft-Kraftstoffverhältnissensor und kann ein Spannungssignal (elektromotorische Kraft) gemäß der Konzentration des restlichen Sauerstoffes in dem durch den Abgassdurchgang 23 strömenden Abgas erzeugen. Die von dem Luftsensor 28 erzeugte elektromotorische Kraft wechselt abrupt bei dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis (als Grenze) der dem Motorzyylinder 21a des Motorkörpers 21 zugeführten Luft-Kraftstoffgemisches, so daß die elektromotorische Kraft ihren hohen Wert (ungefähr IV) im Fall daß das Luft-Kraftstoffgemisch auf der fetten (an Kraftstoff) Seite ist und hat seinen niedrigen Wert (ungefähr 100 mV) im Fall daß das Luft-Kraftstoffgemisch auf der mageren Seite (an Kraftstoff) ist. Daher kann jeder Sauerstoffsensor 28, 29 ein elektrisches Erfassungs- oder Ausgangssignal erzeugen, das die Sauerstoffkonzentration des Abgases wiedergibt.

In einem in dem Motorkörper 21 geformten Kühlmitteldurchgang (kein Bezugszeichen) ist ein Motorkühltemperatursensor 30 angeordnet, um die Temperatur des Motorkühlmittels zu erfassen. Der Motorkühlmitteltemperatursensor 30 kann ein die Motorkühlmitteltemperatur darstellendes elektrisches Erfassungssignal erzeugen. Ein Kurbelwinkelsensor 31 ist vorgesehen und kann bei Intervallen eines vorbestimmten Kurbelwinkels (Rotationswinkel einer Kurbelwelle des Mo-

tors) ein Impulssignal (Erfassungssignal) erzeugen, um damit die Motorgeschwindigkeit zu erfassen.

Die Erfassungs- oder Ausgangssignale des Luftpumgemessers 26, der Luftsensoren 28, 29, des Motorkühlmitteltemperatursensors 30 und des Kurbelwinkelsensors 31 werden zu einer Kontrolleinheit 32, die ein sogenanntes Mikrocomputersystem beinhaltet, übertragen. Die Kontrolleinheit 32 ist zum Kontrollieren der von jedem Kraftstoffeinspritzventil 24 gemäß dem Erfassungssignal der Sauerstoffsensoren 28, 29 einzuspritzenden Kraftstoffmenge, um damit die Kontrolle des Luftkraftstoffverhältnisses des Luftkraftstoffgemisches, das den Motorzylinern 21a des Motorkörpers 21 unter einer Rückkopplungskontrolle zugeführt wird, zu bestimmen. Die Kontrolleinheit 32 ist Teil eines Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrollsystems S, daß zum Regulieren des zu den Motorzylinern 21 zugeführten Luftkraftstoffverhältnisses des Luftkraftstoffgemisches zu Werten nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnisses gemäß der Rückkopplungskontrolle eingerichtet ist, um damit eine sogenannte Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle zu bilden. Es ist verständlich, daß der Dreiecks-Katalysator 27a wirksam betrieben wird wenn das Luftkraftstoffverhältnis des Luftkraftstoffgemisches nahe den Werten des stöchiometrischen Luftkraftstoffgemisches ist. Zusätzlich ist die Kontrolleinheit für die Schädigungsdiagnose des Katalysators in dem katalytischen Umwandler und zum Aufleuchtenlassen einer Warnlampe 33 im Fall daß die Kontrolleinheit eine Entscheidung erhält, daß die Schädigung des Katalysators einen vorbestimmten Wert überschreitet, eingerichtet.

Im folgenden wird eine Betriebsweise des Katalysatorschädigungsdiaognosesystems D beschrieben mit Bezug zu einem Flußdiagramm in Fig. 5.

Zunächst wird die Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle unter dem Ablauf des Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrollsystems S beschrieben. In der Luft-Kraftstoffverhältniskontrolle wird eine Grundimpulslänge (Grundkraftstoffinjektionsmenge)  $T_p$  gemäß der durch das Erfassungssignal des Luftpumgemessers 26 dargestellten Einlaßluftmenge und der durch das Erfassungssignal des Kurbelwinkelsensors 31 verkörperten Motorgeschwindigkeit berechnet. Die Grundimpulslänge entspricht der Zeitdauer, für die das Kraftstoffeinspritzventil 24 zur Kraftstoffeinspritzmenge, die die von jedem Kraftstoffeinspritzventil 24 eingespritzte Kraftstoffgrundmenge ist. Die Lufteinlaßmenge ist die Menge der eingeströmten Luft, die in dem Einlaßdurchgang 22 strömt.

Die Grundimpulslänge  $T_p$  wird mit mehreren Korrekturen verrechnet, um damit eine Treibimpulslänge  $T_i$  zu bestimmen (eine aktuelle Kraftstoffeinspritzmenge), die der Zeitspanne entspricht, in der das Kraftstoffeinspritzventil 24 tatsächlich offen ist, um Kraftstoff einzuspritzen. Im speziellen wird die Treibimpulslänge  $T_i$  gemäß der folgenden Gleichung berechnet:

$$T_i = T_p \times COEF \times \alpha + T_s,$$

wobei COEF eine Mehrzahl von Korrekturkoeffizienten zum Erhöhen der Kraftstoffeinspritzmenge ist, zum Beispiel entsprechend der Motorkühlmitteltemperatur und/oder einer hohen Motorgeschwindigkeit und dem Motorbelastungsverhältnis;  $T_s$  ist ein Korrekturkoeffizient entsprechend einer Batteriespannung, um Stillstandzeiten des Kraftstoffeinspritzventils 24 zu kom-

pensieren; und  $\alpha$  ist ein Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizient, der hauptsächlich entsprechend dem Erfassungssignal des stromaufwärtsseitigen Luftsensors 28 berechnet wird.

Wie im unteren Teil von Fig. 8 gezeigt, ist der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  ein Wert, der durch eine umgekehrte Proportionale-plusintegralkontrolle abhängig von einer Inversion zwischen der niedrigen und hohen Sauerstoffkonzentrationsseite des Erfassungs- oder Ausgangssignals des stromabwärtsseitigen Luftsensors 28 relativ zu dem Abschnittsniveau entsprechend dem stöchometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis erhalten wird. Es ist verständlich, daß die niedrige Sauerstoffkonzentrationsseite der fetten Seite des Luft-Kraftstoffverhältnisses (Luft-Kraftstoffgemisch) entspricht, während die hohe Sauerstoffkonzentrationsseite der mageren Seite des Luft-Sauerstoffverhältnisses (Luft-Kraftstoffgemisch) entspricht. Im einzelnen, wenn eine Kurve des Ausgangssignals des Luftsensors die Linie des Abschnittsniveaus entsprechend dem stöchometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis überschreitet, um von der niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite zu der hohen Sauerstoffkonzentrationsseite invertiert zu werden, so wird ein vorbestimmter Proportionalwert  $PL$  zu dem Rückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  addiert, und zusätzlich wird der integrale Wert mit einer Steigung entsprechend einer vorbestimmten Integrationskonstante  $IL$  schrittweise zu dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  addiert, wie im unteren Teil von Fig. 8 gezeigt. Dementsprechend wird das Luft-Kraftstoffverhältnis zu seiner fetten Seiten kontrolliert, wenn der Rückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  nicht weniger als 1 ist und zu seiner mageren Seite korrigiert im Fall daß der Rückkopplungskorrekturkoeffizient  $\alpha$  nicht mehr als 1 ist. Daher ist das aktuelle Luft-Kraftstoffverhältnis des zu dem Motorzylinder 21a des Motors gelieferten Luft-Kraftstoffgemisches bei Werten nahe dem stöchometrischen Wert gehalten, während eines Zuflusswechsels von ungefähr 2 bis 3 Hertz.

Hier hängt der Wechselzyklus des aktuellen Luft-Kraftstoffverhältnisses (das ist eine Kontrollperiode der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle) von einer Kontrollverzögerung eines ganzen Kontrollsystems ab, so daß der Zykluswechsel des aktuellen Luft-Kraftstoffverhältnisses weitgehend von einer (hoch oder niedrigen) Antwortcharakteristik des stromaufwärtsseitigen Luftsensors 28 beeinflußt ist. Dies wird im Detail mit Bezug auf die Fig. 9A bis 9D und 10 bis 10D beschrieben. Die Fig. 9A bis 9D zeigen die Betriebsbedingungen des Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrollsystems im Fall daß der stromaufwärtsseitige Luftsensor 28 Normalbedingungen hat und nicht beeinträchtigt ist, wobei Fig. 9A den Spannungsausgang des stromaufwärtsseitigen Luftsensors 28 darstellt; Figur B ein Luftkraftstoffverhältnis auf der Seite stromaufwärts des katalytischen Konverters 27 darstellt; Figur C einen Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskorrekturkoeffizienten  $\alpha$  darstellt; und Figur D einen Spannungsausgang des stromabwärtsseitigen Luftsensors 29 darstellt. Im Gegensatz dazu, zeigen die Fig. 10A bis 10D die Betriebsbedingungen des Luftkraftstoffverhältniskontrollsystems im Fall daß der stromaufwärtsseitige Luftsensor 28 geschädigt ist und abnormale Bedingungen hat, wobei Fig. 10A einen Spannungsausgang des stromaufwärtsseitigen Luftsensors 28 darstellt; Fig. 10B ein Luftkraftstoffverhältnis auf der Stromaufwärtsseite des katalytischen Konverters 27 darstellt; Fig. 10C ein

Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskorrektur  $k$  effizienten  $\alpha$  darstellt; und Fig. 10D einen Spannungsausgang des stromabwärtsseitigen Luftsensors 29 darstellt. Wie aus einem Vergleich der oben genannten zwei Bedingungen von den Fig. 9A bis 9D und den Fig. 10A bis 10D ersichtlich, ist der Kontrollzyklus der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle verlängert wenn der stromaufwärtsseitige Luftsensor 28 beeinträchtigt ist.

- 10 Die obige Rückkopplungskontrollkorrekturmenge  $\alpha$  ist bei 1 festgehalten, so daß im wesentlichen eine offene Kontrollsleife vorliegt, im Fall daß der Motorbetrieb bei niedrigen Kühlmitteltemperaturverhältnissen oder einer hohen Motorgeschwindigkeit und Lastzuständen ist, die eine Kraftstoffinjektionsmengensteigerung erfordern, oder im Fall daß der Motorbetrieb eine Kraftstoffunterbrechung während einer Verlangsamung der Fahrzeuggeschwindigkeit hat.

Das Ausgangs- oder Erfassungssignal des stromabwärtsseitigen Luftsensors 21 wird benutzt, um eine total einseitige Tendenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle abhängig von dem stromaufwärtsseitigen Luftsensor 28 zu korrigieren. In anderen Worten, im Fall daß das Luftkraftstoffverhältnis eine total fette Tendenz unter der Luftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle hatte, ist das Ausgangssignal des stromabwärtsseitigen Luftsensors 29 fortlaufend auf der Seite niedriger Sauerstoffkonzentrationen. Im Fall daß das Luftkraftstoffverhältnis eine total magere Tendenz hat, ist das Ausgangssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 29 fortlaufend auf der Seite einer hohen Sauerstoffkonzentration des Luftkraftstoffverhältnisses. Dementsprechend kann eine weitere Hochpräzisionsluftkraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle erreicht werden, z. B. durch Korrektur der Verhältniswerte  $PL$ ,  $PR$  bei der Inversion des Luftkraftstoffverhältnisses zwischen der fetten und der mageren Seite gemäß einer solchen total einseitigen Tendenz des Luftkraftstoffverhältnisses.

- 40 Im folgenden wird die Betriebsweise der Diagnose von Schädigungen des Katalysators unter Einsatz der Kontrolleinheit 32 mit Bezug auf das Flußdiagramm von Fig. 5, das ein Programm einer Katalysatorschädigungsdiagnose zeigt, beschrieben. Die Routine dieses Programms wird wiederholt ausgeführt, z. B. zu vorbestimmten Zeitintervallen.

Zunächst wird in einem Schritt S1 eine Entscheidung gefällt, ob die Diagnosezulassungsbedingung erfüllt ist oder nicht. Die Diagnosezulassungsbedingung besteht aus a) einem ersten Zustand, in dem die Temperatur des Motorkühlmittels beim Motorstart nicht niedriger als ein vorbestimmter Wert ist, b) einem zweiten Zustand, in dem eine vorbestimmte Zeit nach der Aufwärmphase des Motors verstrichen ist, c) einem dritten Zustand, in dem beide Sauerstoffsensoren 28, 29 aktiviert sind (dies wird entsprechend dem Ausgangsspannungsniveau der Sensoren 28, 29 entschieden), d) einem vierten Zustand, in dem die Diagnose zur Beeinträchtigung des Katalysators 27a nicht vollständig ist. Wenn die vier Zustände a) bis d) oder die Diagnosezulassungsbedingung erfüllt ist, wird die Diagnose der Schädigung des Katalysators 27a zugelassen, so daß der Weg zu einem Schritt S2 geht. Beim Schritt S2 wird eine Entscheidung gefällt, ob der Motorbetrieb innerhalb eines Diagnosebereichs ist, in dem eine Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle ausgeführt wird oder nicht. Im speziellen wird entschieden, daß der Motor in dem Diagnosebereich ist, wenn a) in einem ersten Zustand eine Fahrzeuge-

schwindigkeit VSP innerhalb eines vorbestimmten Bereiches ist, b) in einem zweiten Zustand eine Motorgeschwindigkeit N innerhalb eines bestimmten Bereiches ist, und c) in einem dritten Zustand eine Motorlast (zum Beispiel die Grundkraftstoffeinspritzmenge  $T_p$ ) innerhalb eines vorbestimmten Bereiches ist, alle erfüllt sind; dann geht der Weg zu einem Schritt S3.

In dem Schritt S3 wird eine Entscheidung gefällt, ob einer Spannungs-(Ausgangs-)signalumwandlungsfrequenz F02CT des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 ein vorbestimmtes Niveau CMSW erreicht hat oder nicht. Die Spannungssignalinversionsfrequenz ist die Inversionsfrequenz des Spannungssignals zwischen der niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseite und der hohen Sauerstoffkonzentrationsseite (wie in Fig. 8 gezeigt) im Vergleich mit der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle. Im Fall daß die Spannungssignalinversionsfrequenz den vorbestimmten Wert CMSW nicht erreicht hat, geht der Weg zu einem Schritt S4, in dem die Spannungssignalinversionsfrequenz F02CT des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 und die Spannungssignalinversionsfrequenz R02CT des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 29 gezählt werden. Im Fall daß die Spannungssignalinversionsfrequenz R02CT den vorbestimmten Wert CMSW bei Schritt S3 erreicht hat, geht der Weg zu einem Schritt S5. Im Fall daß die Entscheidungszulassungsbedingung beim Schritt 1 nicht eingerichtet ist und der Motorbetrieb nicht innerhalb des Diagnosebereichs kommt bevor die Spannungssignalinversionsfrequenz den vorbestimmten Wert CMSW erreicht hat, werden die hier hinzu gezählten Werte F02CT, R02CT wie in Fig. 4 gezeigt in einem Schritt S17 auf 0 gestellt. Fig. 4 zeigt ein Zeitdiagramm, das den aktuellen Kontrollzustand im Vergleich mit dem Ablauf des Programms von Fig. 5 dargestellt ist, in dem numerische Beispiele zum Zweck des Verständnisses der vorliegenden Erfindung hinzugefügt sind.

Bei dem Schritt S5 wird ein Inversionsfrequenzverhältnis HZR für eine Zeitspanne berechnet, um der Spannungssignalinversionsfrequenz zu ermöglichen, den vorbestimmten Wert CMSW zu erreichen. Das Inversionsfrequenzverhältnis HZR wird nach einer Gleichung ( $HZR = R02CT/F02CT$ ) berechnet, wobei die Spannungssignalinversionsfrequenz F02CT des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 und die Spannungssignalinversionsfrequenz R02CT des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 29 verwendet wird. Das so erhaltene Inversionsfrequenzverhältnis HZR wird in einem Speicher der Kontrolleinheit 32 gespeichert. Wenn die Beeinträchtigung des katalytischen Konverters 27 fortgeschritten ist, steigt die Spannungssignalinversionsfrequenz F02CT des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 21 und daher steigt das Inversionsfrequenzverhältnis HZR. Es ist verständlich, daß das Inversionsfrequenzverhältnis HZR durch Messen eines Spannungssignalinversionszykluses (der Zyklus der Inversion zwischen der niedrigen und hohen Sauerstoffkonzentrationsseite) jedes Sauerstoffsensors 28, 29 oder durch Messung einer Spannungssignalfrequenz (die Anzahl der Zyklen der Inversionen zwischen den niedrigen und hohen Sauerstoffkonzentrationsseiten in einer Zeiteinheit) erhalten werden können.

In einem Schritt S6 wird der gewichtete Mittelwert oder Durchschnitt des laufenden Wertes des Inversionsfrequenzverhältnisses HZR verrechnet, um ein durchschnittliches Inversionsfrequenzverhältnis HZRATE innerhalb des Diagnosebereiches zu erhalten. In andern

Worten wird das durchschnittliche Inversionsfrequenzverhältnis HZRATE gemäß der folgenden Gleichung berechnet, wobei das laufende Inversionsfrequenzverhältnis HZR und ein durchschnittliches Inversionsfrequenzverhältnis HZRATEOLD, das ein Durchschnittswert des vorangegangenen Inversionsfrequenzverhältnisses (bei voranschreitenden Berechnungszyklen) ist, verwendet werden:

$$10 \quad HZRATE = (HZR + HZRATEOLD \times 7)/8.$$

Nachdem die Berechnung des durchschnittlichen Inversionsfrequenzverhältnisses HZRATE fertig ist, wird das bei dem Schritt S5 gemessene Inversionsfrequenzverhältnis HZR gelöscht.

Eine abgelaufene Zeit TMF02, die für die Messung des oben genannten Inversionsfrequenzverhältnisses HZR benötigt wurde, wird in einer anderen Routine (nicht gezeigt) gemessen. Die abgelaufene Zeit TMF02 ist die Zeitspanne für die Spannungsausgangsinversionsfrequenz F02CT des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28, um einen vorbestimmten Wert CMSW zu erreichen. In einem Schritt S7 wird der gewichtete Mittelwert oder Durchschnitt der abgelaufenen Zeit TMF02 berechnet, um eine durchschnittliche abgelaufene Zeit AVEHZ zu erhalten. In anderen Worten wird die durchschnittliche abgelaufene Zeit AVEHZ gemäß der folgenden Gleichung berechnet, wobei die laufend verstrichene Zeit TMF02 und eine durchschnittliche abgelaufene Zeit AVEHZOLD, die einen Durchschnittswert der abgelaufenen Zeit ist (bei fortgeschrittenen Berechnungszyklen), berechnet werden:

$$AVEHZ = (TMF02 + AVEHZOLD \times 7)/8.$$

35 Die durchschnittlich verstrichene Zeit AVEHZ stellt die Kontrollfrequenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle dar.

Es ist verständlich, daß in der oben genannten Berechnung des gewichteten Mittelwerts oder Durchschnitts, die anfänglichen Werte des durchschnittlichen Inversionsfrequenzverhältnisses HZATE und der durchschnittlich verstrichenen Zeit AVEHZ jeweils die anfänglichen Werte des Inversionsfrequenzverhältnisses HZR und der verstrichenen Zeit TMF02 sind.

In einem Schritt S8 wird die Zunahme eines gezählten Wertes NUMHZR, der die Frequenz der oben genannten Berechnung des gewichteten Mittelwerts darstellt, vorgenommen.

50 In einem Schritt S9 werden ein Entscheidungsstandardwert CNGST für die Beeinträchtigung des Katalysators 27a und eine für die Diagnose der Katalysatorbeeinträchtigung benötigte Zeitdauernummer NUMMAX (die Anzahl der oben genannten Zeitspannen) gemäß der in Schritt 7 erhaltenen durchschnittlichen abgelaufenen Zeit AVEHZ gesetzt. Der Entscheidungsstandardwert CNGST wird bestimmt mit Bezug auf die Datentabelle einer Kennung zwischen dem Entscheidungsstandardwert CNGST und der durchschnittlich abgelaufenen Zeit AVEHZ, wie in Fig. 11 gezeigt. In anderen Worten wird der Entscheidungsstandardwert CNGST auf einen höheren Wert gesetzt wenn die durchschnittlich abgelaufene Zeit AVEHZ unter der Beeinträchtigung des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 länger wird.

55 Die Zeitdaueranzahl NUMMAX wird gemäß der Datentabelle der Kennung zwischen der Zeitdaueranzahl NUMMAX und der durchschnittlich abgelaufenen Zeit

AVEHZ bestimmt, wie in Fig. 12 gezeigt. In anderen Worten wird die Zeitdaueranzahl auf einen niedrigeren Wert gesetzt wenn die durchschnittlich abgelaufene Zeit AVEHZ unter der Beeinträchtigung des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 länger wird. Z.B., wenn der Katalysator 27a bis zu so einem Grad reichend geschädigt ist, daß eine Entscheidung über die Schädigung des Katalysators 27a sicher gemacht werden kann, so wird das Spannungssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 29 sicher der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle invertiert im Fall, daß die Kontrollfrequenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle sinkt. Dem gemäß kann eine präzise Diagnose der Katalysatorbeeinträchtigung gemacht werden sogar wenn die Zeitdauernummer NUNMAX zur Vervollständigung der Berechnung des gewichteten Mittelwertes klein ist, während vorgebeugt wird, daß die Diagnosezeit (eine für die Diagnose benötigte Zeit) mit der Herabsetzung der Kontrollfrequenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle verlängert wird. Umgekehrt im Fall, daß die Kontrollfrequenz größer wird, kann das Spannungssignal des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors schlecht der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle folgen sogar wenn der Katalysator 27a übermäßig beeindruckt ist, und daher steigt die Streuung des Inversionsfrequenzverhältnisses HZR bei jeder Zeitdauer, wobei die Präzision der einzelnen Daten sinkt. Als Ergebnis wird die Präzision durch Anstieg der Zeitdauernummer NUMMAX verbessert, wie in Fig. 12 gezeigt. Es ist verständlich, daß die Diagnosezeit selbst, sogar bei Steigerung der Zeitdaueranzahl NUMMAX im Fall, daß die Kontrollfrequenz daher höher ist, nicht derart verlängert ist.

Als nächstes wird bei einem Schritt S10 eine Entscheidung gefällt, ob die gezählte Anzahl oder Zeitdaueranzahl NUMHZR zum Fertigstellen der Berechnung des gewichteten Mittels die geforderte Zeitdaueranzahl NUMMAX erreicht hat. Wenn die geforderte Zeitdaueranzahl nicht erreicht ist, wird die oben genannte Berechnung des Inversionsfrequenzverhältnisses HZR, die Berechnung des durchschnittlichen Wertes AVEHZ und dergleichen beinhaltender Prozeß wiederholt. Zu einem Zeitpunkt, zu dem die Berechnung des gewichteten Mittels zu NUMMAX geführt hat, führt der Weg zu einem Schritt S11, in dem eine letzte Entscheidung der Beeinträchtigung des Katalysators 27a gemacht hat. Spezieller ausgedrückt, wird das durchschnittliche Inversionsfrequenzverhältnis HZRATE mit dem oben genannten Entscheidungsstandardwert CNGST verglichen. Darauf wird, wenn das durchschnittliche Inversionsfrequenzverhältnis HZRATE nicht größer ist als der Entscheidungsstandard CNGST ist, in einem Schritt S12 eine Entscheidung gefällt, daß der Katalysator 27a nicht geschädigt ist, und in einem Schritt S13 die Warnlampe 33 nicht erleuchtet wird. Wenn das durchschnittliche Inversionsfrequenzverhältnis HZRATE größer ist als der Entscheidungsstandardwert CNGST, wird in einem Schritt S14 eine Entscheidung gefällt, daß der Katalysator 27 geschädigt ist, und daß die Warnlampe 33 in einem Schritt S15 erleuchtet wird.

Damit sind eine Serie an Operationen zur Diagnose der Beeinträchtigung des Katalysators 27a vollständig und daher wird eine Marke gesetzt, die kennzeichnet, daß die Diagnose vollständig ist und dadurch das Verfahren für die Katalysator-Schädigungsdiagnose beendet wird.

Fig. 6 zeigt einen Teil eines Flußdiagramms, das einen

Ablauf für eine modifizierte Ausführungsform der Katalysator-Schädigungsdiagnose der vorliegenden Erfindung darstellt, die mit Ausnahme der neuen Schritte S21 bis S23 ähnlich dem Ablauf von Fig. 5 ist. Es ist verständlich, daß die neuen Schritte S21 bis S23 zu dem Flußdiagramm von Fig. 5 hinzugefügt werden.

Mit diesem Programm kann die Diagnose der Beeinträchtigung des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 vervollständigt werden zusätzlich zu der Vervollständigung der Katalysator-Schädigungsdiagnose unter Verwendung der obigen durchschnittlichen abgelaufenen Zeit AVEHZ. Daher ist das fragmentartige Flußdiagramm von Fig. 6 ein wesentlicher Teil eines Flußdiagramms, versehen mit einem Prozeß der Diagnose der Schädigung des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28.

Nach dem Schritt S10 wird in einem Schritt S21 die durchschnittlich abgelaufene Zeit AVEHZ mit ihrem oberen Grenzwert O2NGST verglichen. Wenn die abgelaufene Zeit AVEHZ nicht niedriger als der obere Grenzwert O2NGST ist, wird eine Entscheidung in einem Schritt S22 derart gemacht, daß der stromaufwärtsseitige Sauerstoffsensor 28 geschädigt ist, und dann die Warenlampe erleuchtet wird.

Wie oben zu den obigen Ausführungsformen beschrieben, wird der Entscheidungsstandardwert CNGST unter Berücksichtigung eines Anstiegs der Antwortverzögerung wegen der Schädigung des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors (das heißt Senkung der Kontrollfrequenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle) in der Katalysator-Schädigungsdiagnose unter Verwendung des Inversionsfrequenzverhältnisses zwischen den Spannungsausgangsinversionsfrequenzen des stromaufwärtsseitigen oder stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensoren 28, 29 bestimmt. Als Folge kann die Katalysatorbeeinträchtigungsdiagnose mit sehr hoher Präzision durchgeführt werden.

Zusätzlich werden in den obigen Ausführungsformen die Anzahl der Zeitdauern NUMMAX für die Diagnose in Übereinstimmung mit der Kontrollfrequenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle geeignet bestimmt, und daher kann die Diagnose präzise innerhalb einer kurzen Zeitdauer durchgeführt werden.

Während das Inversionsfrequenzverhältnis HZR zwischen den Spannungssignalinversionsfrequenzen der stromaufwärtsseitigen und stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensoren 28, 29 als Inversionsverhältnis gezeigt und beschrieben wurden, ist es verständlich, daß das Inversionsfrequenzverhältnis HZR durch ein Inversionszyklusverhältnis oder ein Frequenzverhältnis ersetzt werden kann. Das Inversionszyklusverhältnis ist ein Verhältnis zwischen dem Zyklus der hohen und niedrigen Sauerstoffkonzentrationsseiten des Spannungsausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 und dem Zyklus dergleichen Inversion des Spannungsausgangssignals des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 29. Das Frequenzverhältnis ist ein Verhältnis zwischen der Anzahl der Zyklen (in einer Zeiteinheit) der Inversion des Spannungsausgangssignals des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 und der Anzahl der Zyklen (in einer Zeiteinheit) der Inversion des Spannungsausgangssignals des stromabwärtsseitigen Sauerstoffsensors 29.

Obwohl die durchschnittlich abgelaufene Zeit AVEHZ als die Kontrollfrequenz der Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle darstellend gezeigt und beschrieben wurde, ist es verständlich, daß die Kontrollfrequenz durch den Spannungsausgangsinversions-

zyklus (den Zyklus der Inversion zwischen den niedrigen und hohen Sauerstoffkonzentrationszeiten) des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 oder der Spannungssignalfrequenz (die Anzahl an Zyklen der Inversion zwischen den niedrigen und hohen Sauerstoffkonzentrationsseiten, in einer Zeiteinheit) des stromaufwärtsseitigen Sauerstoffsensors 28 dargestellt werden können.

## Patentansprüche

5

1. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem (D) für einen Verbrennungsmotor (E) mit einem Auspuffgasdurchgang (23), in dem ein katalytischer Konverter (27) mit einem Katalysator (27a) angeordnet ist, der aufweist:

einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromaufwärts des katalytischen Konverters angeordneten ersten Luft-Kraftstoffverhältnissensor (1, 28);

einen in dem Auspuffgasdurchgang und stromabwärts des katalytischen Konverters angeordneten zweiten Luftkraftstoffverhältnissensor (2, 29);

Mittel (3, 32) zum Bestimmen einer Grundkraftstoffeinspritzmenge ( $T_p$ ) entsprechend einem Motorbetriebszustand des Motors;

Mittel (4, 32) zum Berechnen eines Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskoeffizienten ( $\alpha$ );

Mittel (5, 32) zum Korrigieren der Grundkraftstoffeinspritzmenge entsprechend dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten; und

Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionszustands eines Ausgangssignals des ersten und zweiten Luft-Kraftstoffverhältnissensors mit einem Entscheidungsstandard, der entsprechend einer Kontrollfrequenz einer Luft-Kraftstoffverhältnisrückkopplungskontrolle zumindest als Antwort auf ein Ausgangssignal des ersten Luft-Kraftstoffverhältnissensors und der korrigierten Grundkraftstoffeinspritzmenge des Korrekturmittels gemacht ist.

2. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 1, worin das Schädigungsentscheidungsmittel beinhaltet:

Mittel (6, 32) zum Berechnen eines Inversionsverhältniswertes (HZRATE) gemäß einem Inversionsverhältnis (HZR) von Ausgangssignalen des ersten und zweiten Luft-Kraftstoffverhältnissensors wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordern Diagnosebereichs ist;

Mittel (7, 32) zum Erfassen eines Inversionszustandswertes (AVEHZ) entsprechend einem Inversionszustand des Ausgangssignals des ersten Luft-Kraftstoffverhältnissensors;

Mittel (8, 32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) gemäß dem Inversionszustandswertes des Inversionszustandewerfasungsmittels; und

Mittel (9, 32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionsverhältniswertes des Inversionsverhältnisberechnungsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertsbestimmungsmittels.

3. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 2, worin das Inversionsverhältnis eines von dem des Inversionsfrequenzverhältnisses (HZR), einem Inversionszyklusverhältnis und ei-

10

nem Frequenzverhältnis zwischen den Ausgangssignalen des ersten und zweiten Luft-Kraftstoffverhältnissensors ist, und worin der Inversionszustandswert einer aus der Inversionsfrequenz (F02CT), einem Inversionszyklus, und einer Frequenz des Ausgangssignals des ersten Luft-Kraftstoffverhältnissensors ist.

4. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 1, worin das Schädigungsentscheidungsmittel beinhaltet:

Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luft-Kraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb einer eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereichs ist;

Mittel (32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist;

Mittel zum Berechnen eines abgelaufenen Zeitwertes (AVEHZ) entsprechend der Zeitdauer;

Mittel (32) zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer;

Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) entsprechend des abgelaufenen Zeitwertes des abgelaufenen Ablaufzeitwertberechnungsmittels; und

Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des Inversionsfrequenzverhältnisses des Inversionsfrequenzverhältnisberechnungsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

5. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 1, worin das Schädigungsentscheidungsmittel beinhaltet:

Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht hat wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereichs ist;

Mittel (32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist;

Mittel (32) zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer;

Mittel (32) zum Mitteln des Inversionsfrequenzverhältnisses über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsfrequenzverhältnis (HZRATE) zu erhalten;

Mittel (32) zum Mitteln der Zeitdauer über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit eine mittlere Zeitdauer (AVEHZ) zu erhalten;

Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) entsprechend der mittleren Zeitdauer des Zeitdauer durchschnittsmittels;

und

Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inversionsfrequenzverhältnisdurchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

6. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 1, worin das Schädigungsentscheidungsmittel beinhaltet:

Mittel (32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereichs ist;

Mittel (32) zum Messen der Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors erreicht ist;

Mittel (32) zum Berechnen des Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer;

Mittel (32) zum Mitteln des Inversionsfrequenzverhältnisses über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsfrequenzverhältnis (HZRATE) zu erhalten;

Mittel (32) zum Messen einer Inversionsfrequenz (F02CT) des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer;

Mittel (32) zum Mitteln der Inversionsfrequenz (F02CT) des Inversionsfrequenzmessungsmittels über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit eine mittlere Inversionsfrequenz zu erhalten;

Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) entsprechend der mittleren Inversionsfrequenz des Inversionsfrequenzdurchschnittsmittels; und

Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inversionsfrequenzverhältnisdurchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels.

7. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 1, worin das Schädigungsbeurteilungsmittel beinhaltet:

Mittel (11, 32) zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensor einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Schädigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereichs ist;

Mittel (11, 32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensor erreicht ist;

Mittel (6', 32) zum Berechnen eines Inversionsverhältnisses (HZR) der Ausgangssignale und des ersten und zweiten Luft-Kraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer;

Mittel (12, 32) zum Mitteln des Inversionsverhältnis (HZR) des Inversionsverhältnisberechnungsmittels über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsverhältnis (HZRATE) zu erhalten;

ten;

Mittel (7, 32) zum Erfassen eines Inversionszustandswertes (AVEHZ) entsprechend einem Inversionszustand des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissens rs;

Mittel (8, 32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) gemäß dem Inversionsstandardwert (AVEHZ) des Inversionszustandwerterfassungsmittels;

Mittel (13, 32) zum Bestimmen einer Anzahl (NUMMAX) an Zeitdauern, die für die Katalysatorschädigungsdiagnose erforderlich sind, entsprechend dem Inversionszustandswert (AVEHZ) des Inversionszustandwerterfassungsmittels; und

Mittel (9', 32) zum Beurteilen der Schädigung des Katalysators durch Vergleichen des mittleren Inversionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inversionsverhältnisdurchschnittsmittels mit dem Entscheidungsstandardwert des Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels nach Ablauf der Anzahl (NUMMAX) der Zeitdauern des Zeitdaueranzahlbestimmungsmittels.

8. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 7, worin das Inversionsverhältnis eines von einem Inversionsfrequenzverhältnis (HZR), einem Inversionszyklusverhältnis und einem Frequenzverhältnis zwischen den Ausgangssignalen und des ersten und zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors ist, und worin der Inversionszustandswert einer von dem Inversionsfrequenz (F02CT), einem Inversionszyklus und einer Frequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors ist.

9. Katalysatorschädigungsdiagnosesystem gemäß Anspruch 1, worin das Schädigungsbeurteilungsmittel beinhaltet:

Mittel zum Erfassen, daß die Inversionsfrequenz eines Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors einen vorbestimmten Wert (CMSW) erreicht hat wenn der Motorbetriebszustand innerhalb eines eine Beeinträchtigungsdiagnose des Katalysators erfordernden Diagnosebereiches ist;

Mittel (32) zum Messen einer Zeitdauer, in der der vorbestimmte Wert der Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensor erreicht ist;

Mittel (32) zum Berechnen eines Verhältnisses (HZR) zwischen einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des ersten Luftkraftstoffverhältnissensors und einer Inversionsfrequenz des Ausgangssignals des zweiten Luftkraftstoffverhältnissensors innerhalb der Zeitdauer;

Mittel (32) zum Mitteln des Inversionsfrequenzverhältnisses (HZR) über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit ein mittleres Inversionsfrequenzverhältnis (HZRATE) zu erhalten;

Mittel (32) zum Mitteln der Zeitdauer über eine Mehrzahl von Zeitdauern, um damit eine mittlere Zeitdauer (AVEHZ) zu erhalten;

Mittel (32) zum Bestimmen eines Entscheidungsstandardwertes (CNGST) entsprechend der mittleren Zeitdauer (AVEHZ) des Zeitdauer durchschnittsmittels;

Mittel (32) zum Bestimmen einer Anzahl (NUMMAX) von Zeitdauern, die gemäß der mittleren Zeitdauer (AVEHZ) für die Katalysatorbeeinträchtigungsdiagnose erforderlich sind; und

Mittel (32) zum Beurteilen der Schädigung des Ka-

talysators durch Vergleichen des mittleren Inver-  
sionsfrequenzverhältnisses (HZRATE) des Inver-  
sionsfrequenzverhältnisdurchschnitts mittels mit  
dem Entscheidungsstandardwert (CNGST) des  
Entscheidungsstandardwertbestimmungsmittels. 5

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

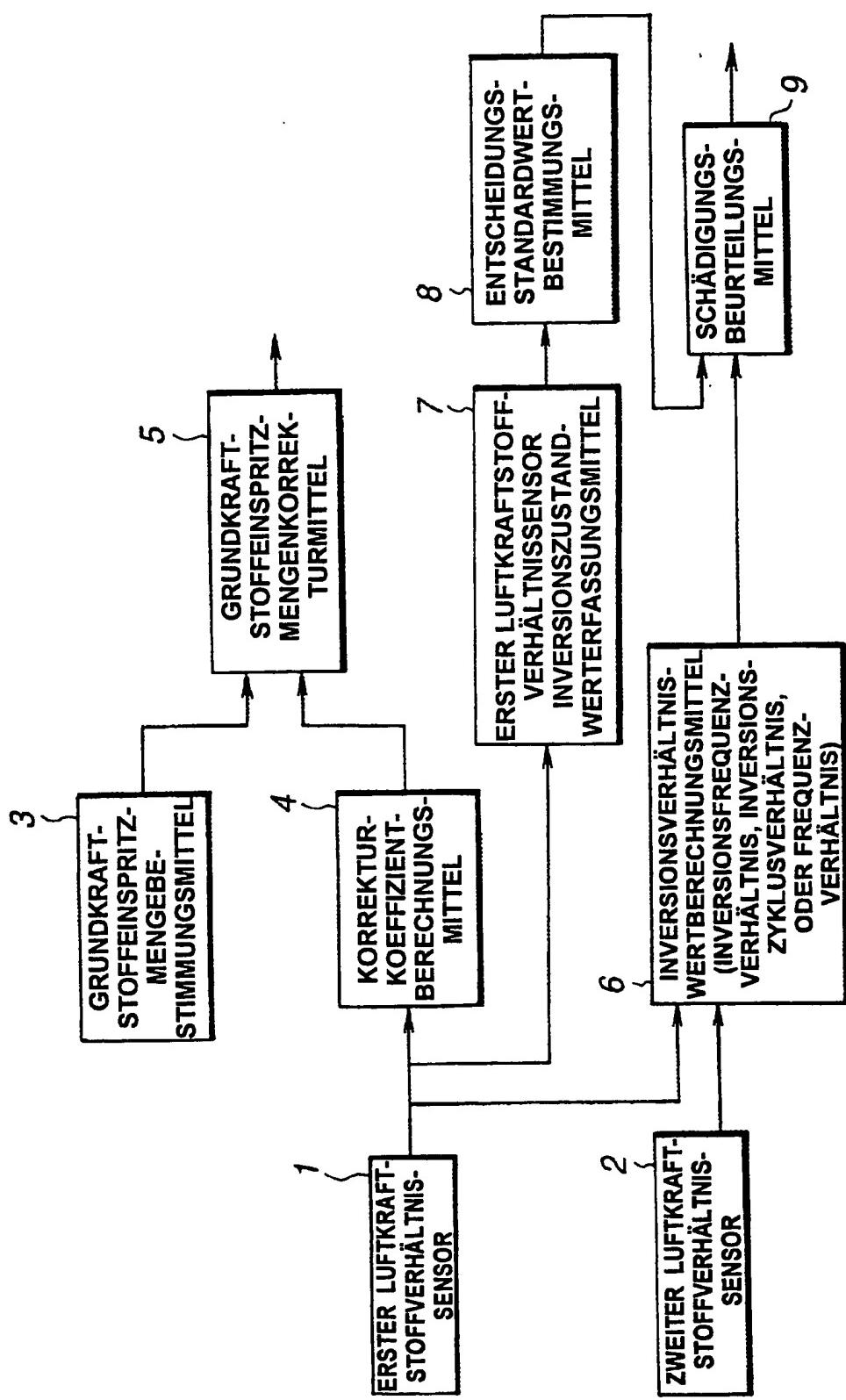
45

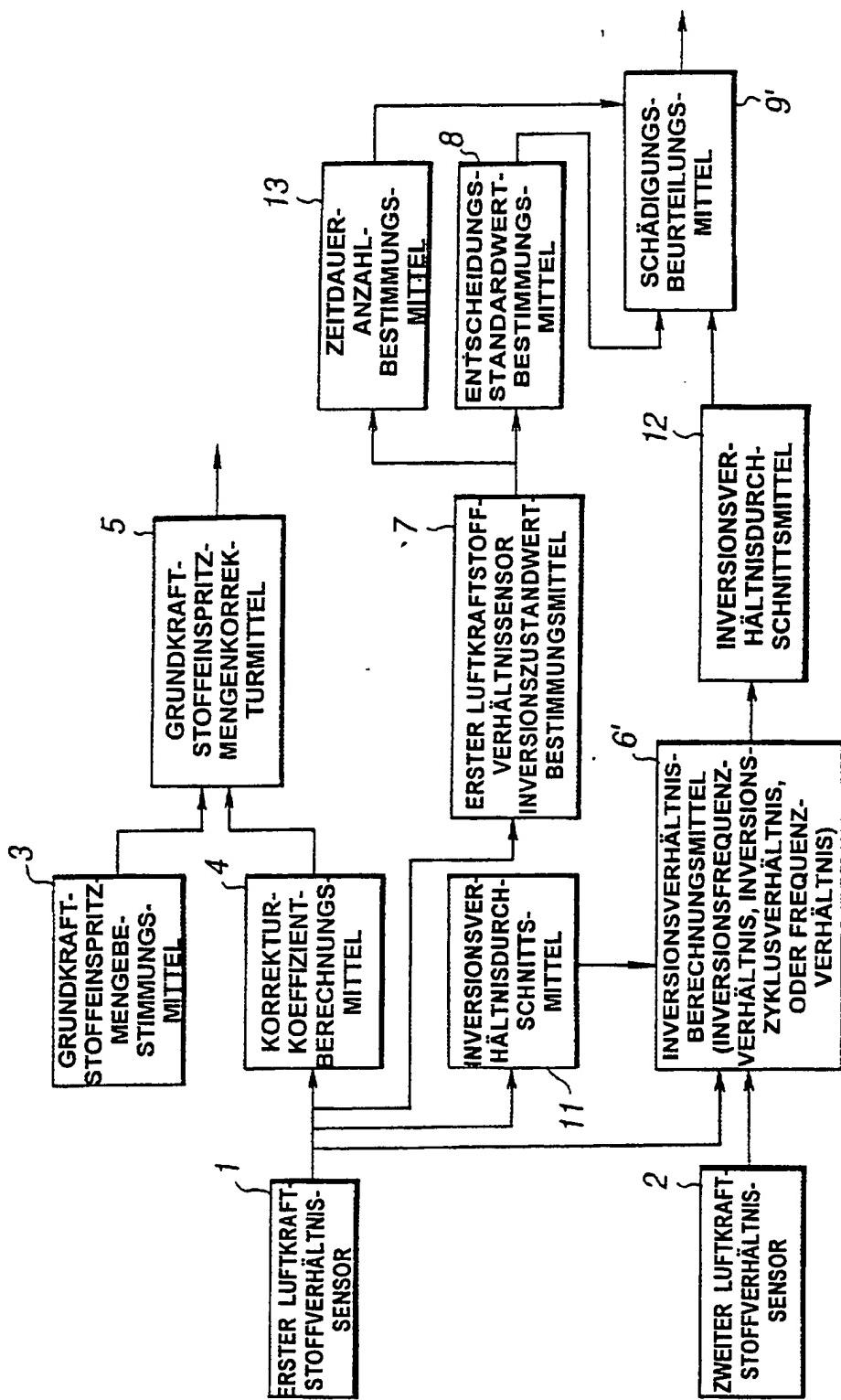
50

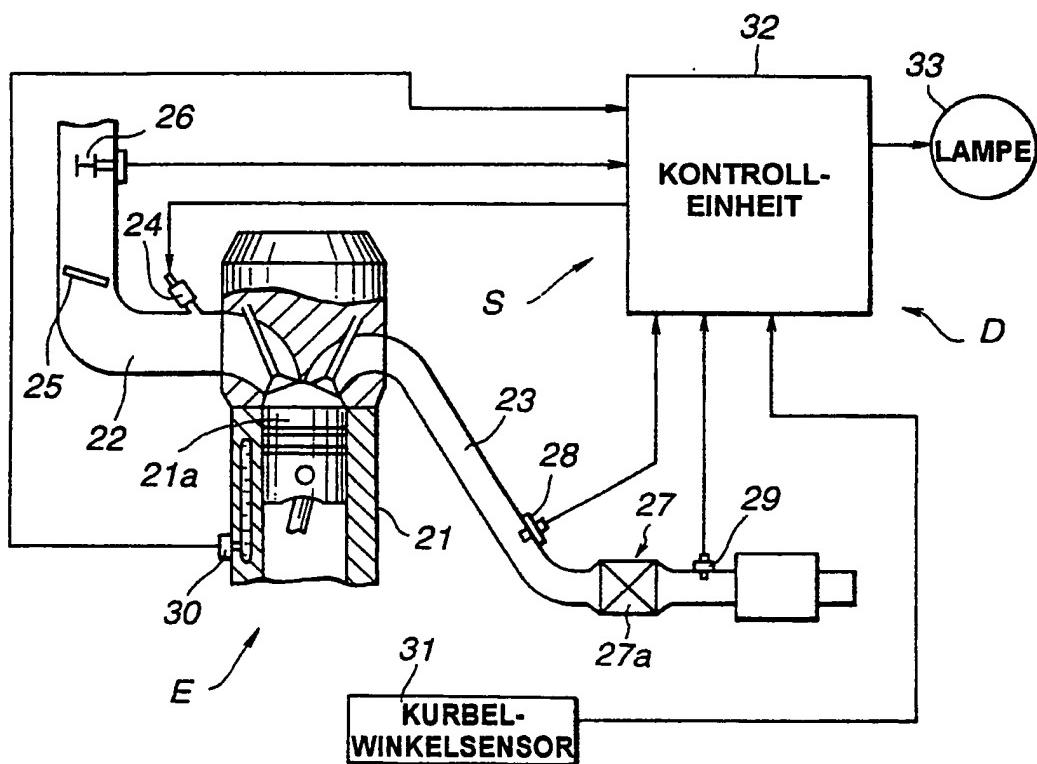
55

60

65

**FIG. 1**

**FIG.2**

**FIG.3**

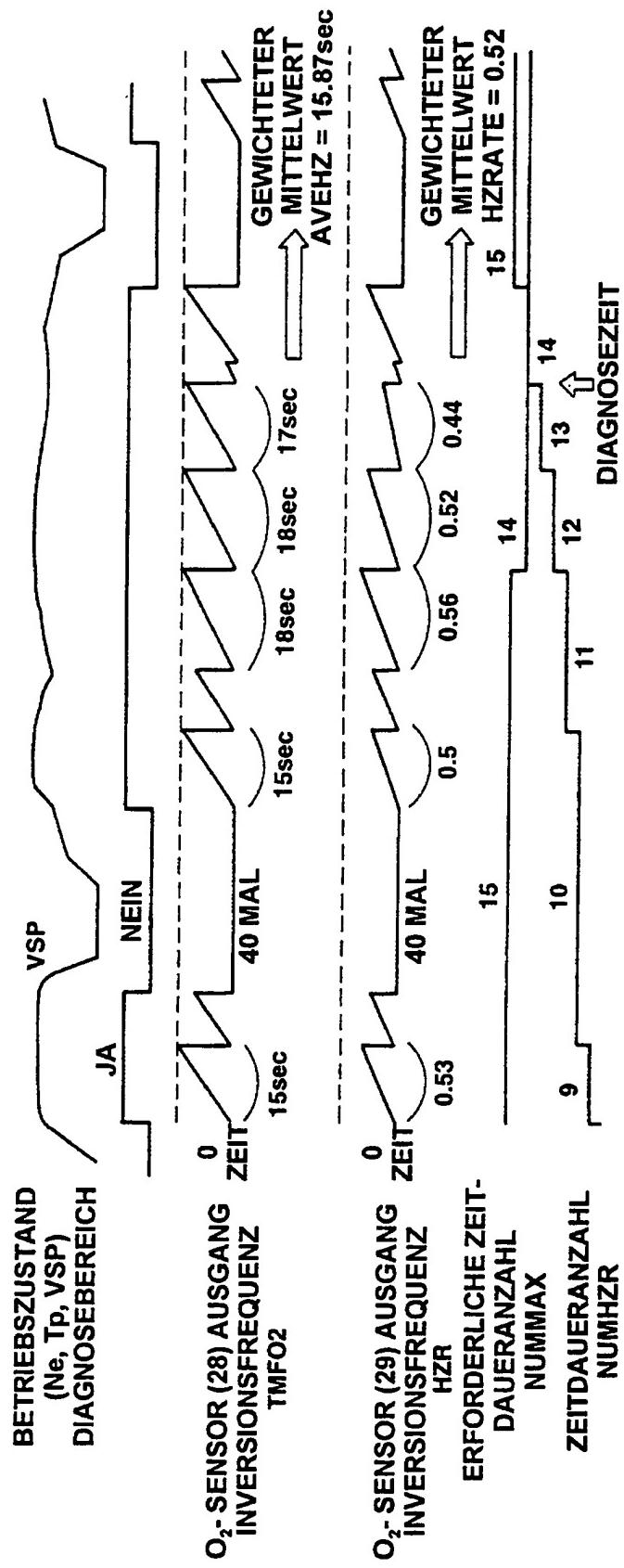
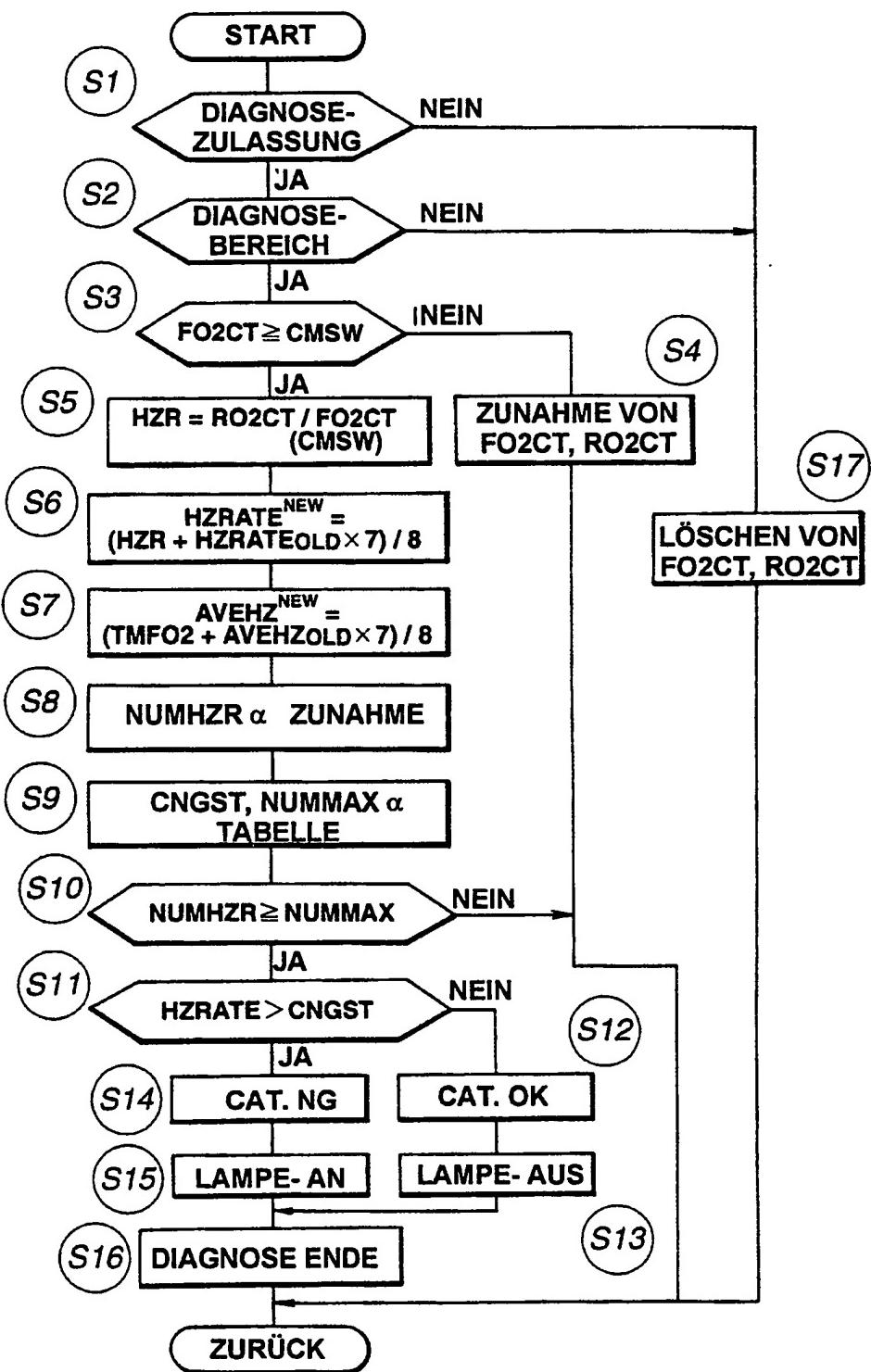
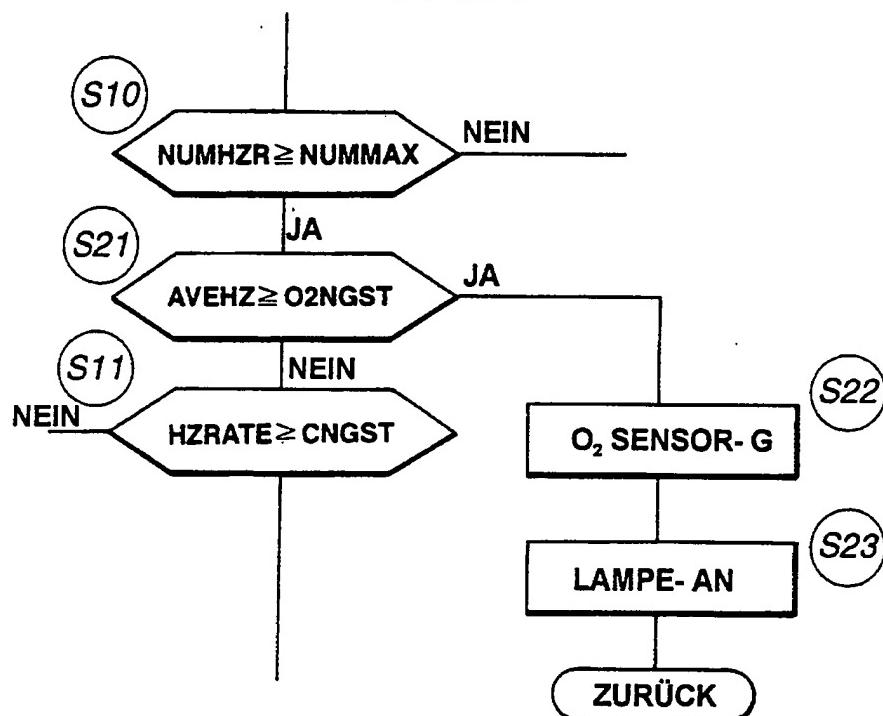
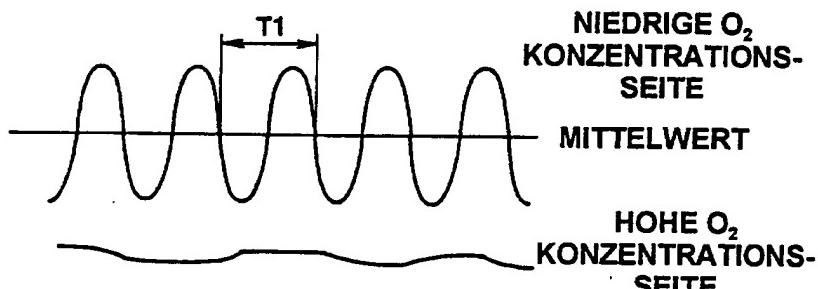
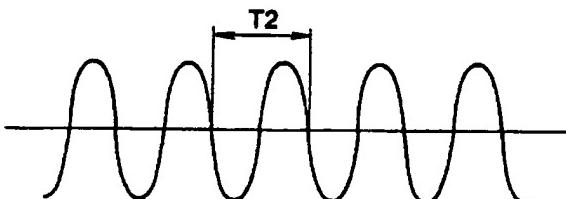
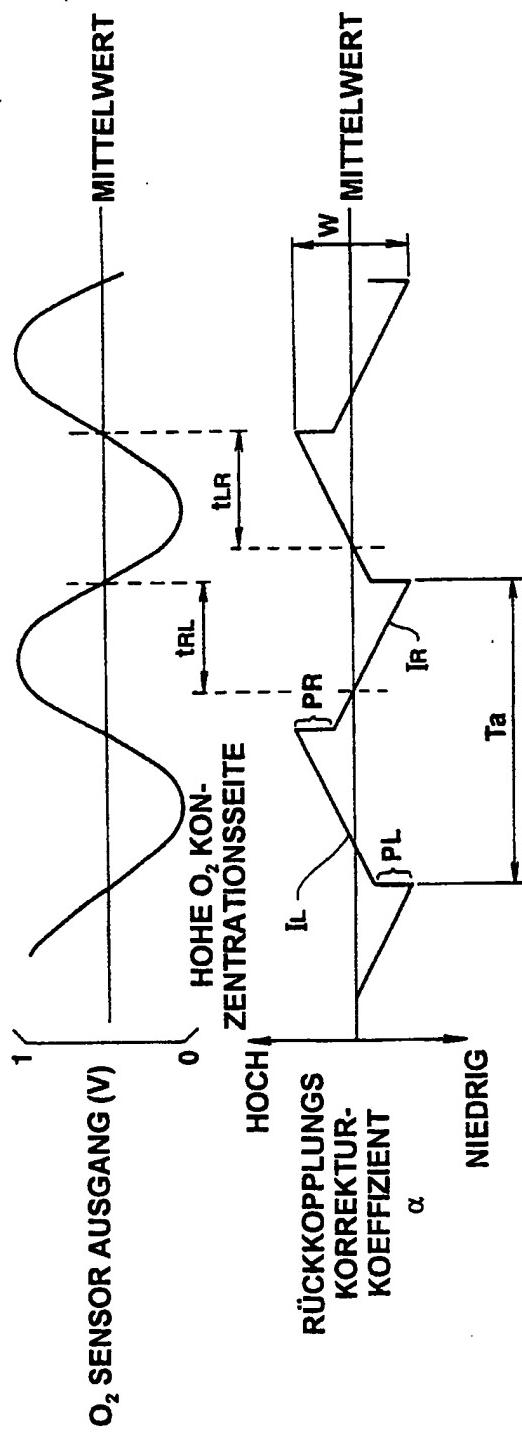
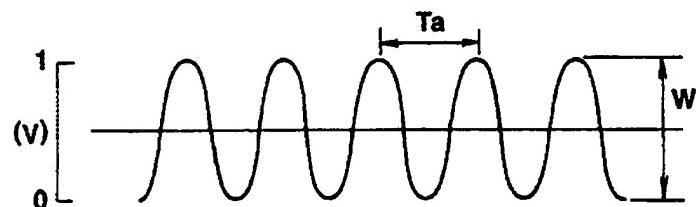
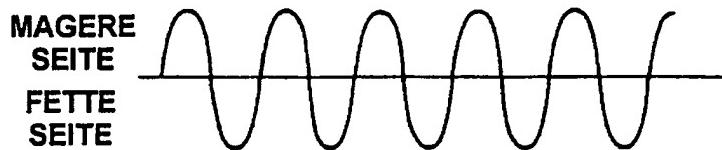
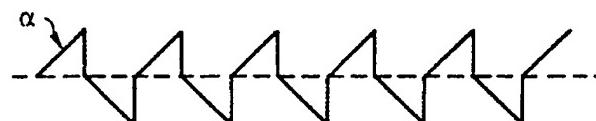
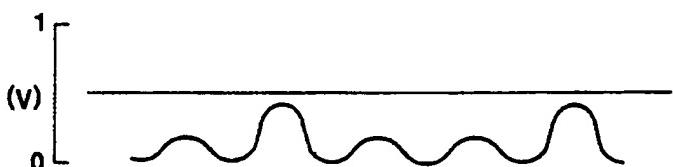
**FIG.4**

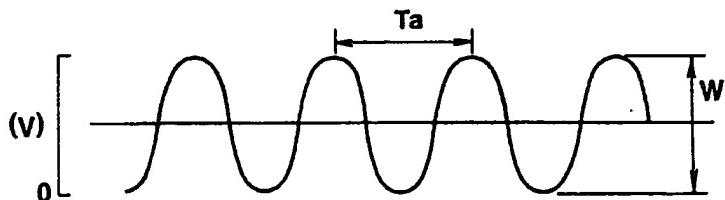
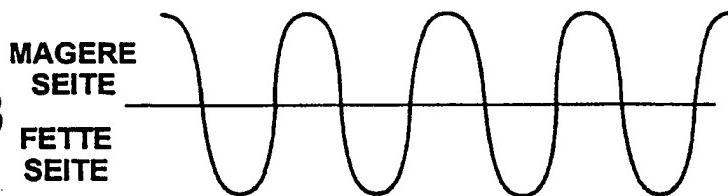
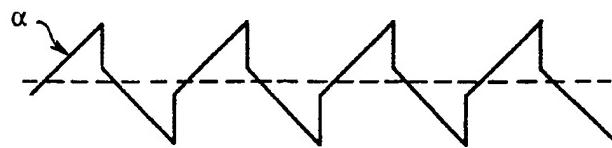
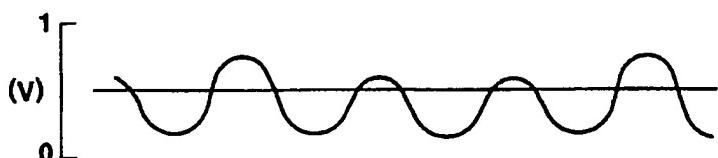
FIG.5



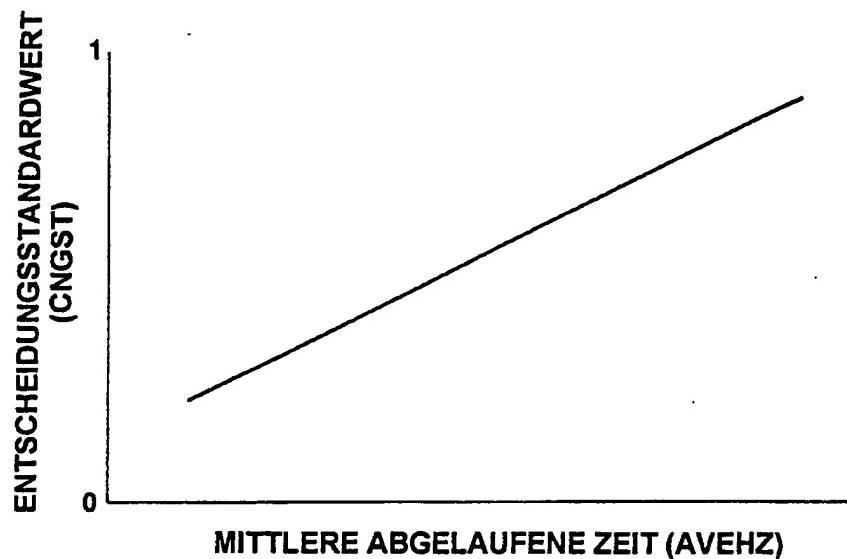
**FIG.6****FIG.7A****FIG.7B****FIG.7C**

**FIG.8**NIEDRIGE O<sub>2</sub> KONZENTRATIONSSEITE

**FIG.9A****FIG.9B****FIG.9C****FIG.9D**

**FIG.10A****FIG.10B****FIG.10C****FIG.10D**

**FIG.11**



**FIG.12**

